(Aus dem physiologischen Institut der Universität Rostock.)

Untersuchungen

über das

physiologische Verhalten des Schleiendarms.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen medicinischen Facultät der Universität Rostock

vorgelegt

von

Rudolf Mahn,

approb. Arzt aus Neubrandenburg.

ACAD. MED. BAT. KIEL

(Mit 18 Textfiguren.)

Bonn, 1900.

Verlag von Emil Strauss.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552717_0046

Die Thatsache, dass der Magen und der Darm der Schleie (Tinca vulgaris Cuv.) quergestreifte Musculatur besitzt, ist bekanntlich im Jahre 1841 von Reichert (1) entdeckt worden. Stannius (2) erwähnt einige Jahre darauf diesen Fund in seinem Lehrbuch der vergleichenden Anatomie, nachdem kurz vorher physiologische Mittheilungen über dieses in so auffallender Weise ausgestattete Organ durch Ed. Weber (3) erfolgt waren. Hier und da hat dasselbe auch fernerhin das Interesse der Forscher erregt. Ich darf davon abstehen, hier die einzelnen Untersuchungen anzuführen, da die anatomisch-physiologische Literatur vor nicht langer Zeit von R. du Bois-Reymond (4) und noch ganz vor Kurzem von Oppel (5) zusammengestellt worden ist.

Vor mehreren Jahren hat sich auch Herr Professor Langendorff experimentell und histologisch mit dem Schleiendarm beschäftigt. Nachdem dann auf sein Anrathen im Sommer 1896 der früh verstorbene cand. med. E. Schmid die Untersuchung wieder aufgenommen hatte, ohne sie zum Abschluss zu bringen, forderte mich Professor Langendorff auf, dem Gegenstand meine Aufmerksamkeit zu schenken. Meine histologischen Untersuchungen, die sich u. A. auf die feineren Innervationsverhältnisse erstrecken sollten, sind über die ersten Anfänge nicht hinausgekommen; über meine physiologischen Beobachtungen, die einiges Neue zu Tage gebracht haben, möchte ich hier berichten.

Einige anatomische Vorbemerkungen seien vorausgeschickt.

Der Schleiendarm besitzt eine sehr kräftig entwickelte Muskelhaut; aber diese besteht nicht ausschliesslich aus quergestreiften Muskeln, sondern, wie zuerst Molin (6) gefunden hat, und wie sich

leicht bestätigen lässt, auch aus glatten. Es lässt sich nachweisen, dass die letzteren nicht etwa als Muscularis mucosae aufzufassen sind, wie Leydig gemeint hat, sondern, dass sie der eigentlichen Darmmusculatur angehören (Langer, Oppel). Gestreifte und glatte Muskelfasern bilden je zwei Lagen, eine circuläre und eine longitudinale. Die Anordnung ist eine solche, dass an die Schleimhaut sich eine von ihr durch ein Stratum compactum (Oppel) abgegrenzte glatte Ringmuskelschicht anschliesst. Nach R. du Bois-Reymond, dessen Angaben ich auch in Betreff der übrigen Maasse folge, beträgt ihre Dicke am Darm 0,07 mm, am Magen und Rectum 0,05 mm. Nach aussen folgt auf sie die glatte Längsmusculatur. Sie ist bedeutend geringfügiger; denn ihre Stärke beträgt am Darm nur 0,02 mm. Auch scheint sie das Darmrohr nicht continuirlich zu umgeben, sondern in zarte dünne Stränge getheilt zu sein, die auf Querschnitten nur wenig hervortreten. Eine dünne Bindegewebslage scheidet von ihr die starke quergestreifte Ringmuskelschicht, deren Dicke am Magen nicht weniger als 0,60 mm, am Darm 0,20 mm, am Rectum 0,15 mm misst. Die äusserste Schicht bildet der quergestreifte Längsmuskel. Er ist in ziemlich starken, nicht immer gleich dicken Bündeln angeordnet, die durch starke Bindegewebszüge von einander getrennt sind. Diese Schicht besitzt am Magen ihre grösste Dicke (0,35 mm), am Darm ihre geringste (0,15 mm). Ihr folgt die Serosa.

Die Figur 140 S. 240 bei Oppel (a. a. O.) gibt die Verhältnisse zutreffend wieder.

In Betreff des Verhaltens der einzelnen Fasern der quergestreiften Musculatur gibt R. du Bois-Reymond (S. 27) folgende Schilderung: „Durch Maceration vereinzelt dargestellt, geben die Fasern ein von dem der Skeletmuskelfasern stark abweichendes Bild. Sie sind durchschnittlich von geringerer Dicke, welche aber an derselben Faser erheblich schwankt. Zugleich macerirte Skelet- und Darmmuskelfasern hatten Durchmesser von 0,04—0,07 und 0,01—0,03 mm. Die Länge dürfte etwa 3—6 mm betragen. Dabei zeigen die Darmfasern eigenthümliche Schlängelungen, Anschwellungen und Knotenbildungen. Nicht selten ist eine mehrmals fest um eine andere geschlungen. Sie enden mit lang ausgezogener, ganz fein auslaufender Spitze, oder indem sie breit und platt werden und in mehrere kurze Zacken ausstrahlen. Diese Art der Theilung ist häufig. Eigentliche

Verzweigung ist seltener und erscheint unter verschiedenen Formen: entweder ist eine Faser am Ende verzweigt, oder aus einer Stammfaser sprosst ein Endstück rechtwinklig hervor, oder es erscheint eine ganze zweite Faser aus der ersteren hervorgewachsen. Im letzteren Falle nimmt die Dicke des Zweiges von seinem Ursprung an anfänglich noch zu, er ist spindelförmig und stellt offenbar eine vollwerthige Faser der benachbarten Muskelschicht vor."

Ich kann nach meinen allerdings noch unvollständigen Untersuchungen hinzufügen, dass die querstreifigen Darmmuskeln der Schleie überaus leicht in Fibrillen zerfallen. Da schon am frischen Präparat die Längsstreifung sehr deutlich hervortritt, wird ein besonders reichlicher Gehalt der Muskeln an Sarkoplasma anzunehmen sein. Professor Langendorff theilt mir mit, dass er Fischmuskeln (z. B. von Petromyzon) besonders geeignet findet, um die fibrilläre Structur zu demonstriren. Ferner möchte ich anführen, dass es mir niemals gelungen ist, an den in Rede stehenden Fasern mittelst der üblichen Reagentien (besonders auch mit 1%iger Lösung von Ammoniumcarbonat) ein Sarkolemma nachzuweisen.

Die mir gestellte Aufgabe ging dahin, vor allem das bisher nur durch directe Beobachtung festgestellte functionelle Verhalten des Schleiendarms durch Benützung des graphischen Registrirverfahrens näher zu analysiren. Das gleichzeitige Vorhandensein animalischer und organischer Muskeln liess charakteristische und für die Vergleichung beider Muskelarten werthvolle Bilder erwarten. Ferner sollten die von Ed. Weber aufgefundenen Beziehungen des N. vagus zur Darmmusculatur untersucht, insbesondere auch der Einfluss des Curare auf dessen Wirkungen festgestellt werden. Endlich war es wünschenswerth, das Augenmerk auf das Vorkommen willkürlicher und reflectorischer Darmbewegungen zu richten.

Ich bemerke voraus, dass meine Untersuchungen im Winter, dagegen die von E. Schmid angestellten und hier mit verwertheten Versuche im Sommer ausgeführt worden sind. Die Fig. 1—5 und 8 sind Schmid'schen Experimenten entnommen.

I. Beobachtungen am ausgeschnittenen Darmring.

An einem dem Mitteltheil des Darmrohres entnommenen und mit passender Schreibvorrichtung verbundenen, 4—5 mm breiten Ringe lassen sich Beobachtungen anstellen, die sofort die Eigenartig-

keit des Schleiendarms in das rechte Licht setzen. Ein solcher Ring enthält zwar neben den beiden circulären Muskelschichten auch beide longitudinalen, und sein Verhalten ist desshalb nicht so einfach zu beurtheilen, wie das eines parallelfaserigen Skeletmuskels oder das des zuerst von Morgen (7) benutzten, nach P. Schultz (8) nur circuläre Muskelelemente enthaltenden Magenringes vom Frosch[1]).

Doch zeigte es sich, dass dadurch die Eigenthümlichkeiten des Präparates nicht verdunkelt werden, wenn auch zuzugeben ist, dass durch das Nebeneinander der verschieden gerichteten Muskelfasern die Dauer der Latenzzeit und der zeitliche Ablauf der Zusammenziehung, vielleicht auch die Contractionsstärke beeinflusst werden könnte. Wären wirklich, wie Manche annehmen, Ring- und Längsmuskeln des Darmrohres gleichwerthige Antagonisten, so müsste die Verkürzung des Darmringes bei der Reizung, in so weit quergestreifte Muskeln in Betracht kommen, durch eine durch die Längsmuskeln vermittelte Elongation nahezu compensirt werden, da ja die longitudinale quergestreifte Muskelschicht nicht viel schwächer ist als die circuläre (s. o.). In noch stärkerem Maasse müsste der Antagonismus sich geltend machen, wenn anstatt des Darmringes ein der Länge nach ausgeschnittenes, seine Längenänderungen im Sinne der Darmachse aufzeichnendes Darmstück (Darmcylinder) benutzt wird. Beides ist aber nicht der Fall; in beiden Fällen erhält man ansehnliche Verkürzungen als das Resultat der Erregung. Haben also die Längsmuskeln die Fähigkeit, das Darmrohr zu erweitern, und die Ringmuskeln die, es zu verlängern, so kommen diese Wirkungen gegenüber der verengenden Wirkung der einen und der verkürzenden der andern nicht in Betracht.

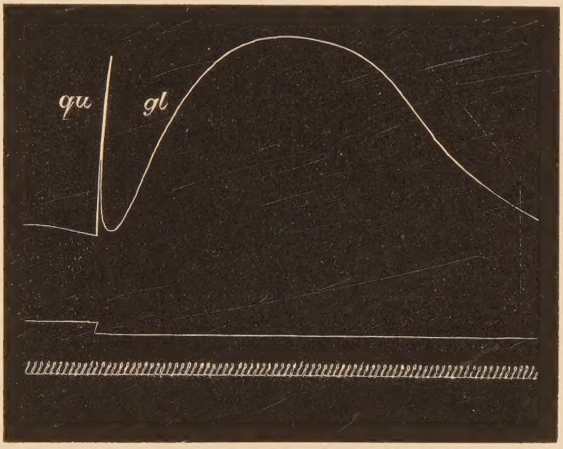
Zur graphischen Aufzeichnung wurde der Darmring,

---

1) Die unter der Leitung von Grützner entstandene werthvolle Abhandlung von Hans Winkler: „Ein Beitrag zur Physiologie der glatten Muskeln“ (Pflüger's Archiv Bd. 71 S. 357) erschien erst, als die vorliegende Abhandlung fast vollendet vorlag. Ich konnte daher auf sie trotz mancher Berührungspunkte mit dem Ergebniss meiner Untersuchung im Texte nicht mehr eingehen. Hier sei nur erwähnt, dass nach Winkler (bez. Grützner) der Froschmagen keineswegs der longitudinalen Musculatur ganz entbehrt, dass vielmehr, abgesehen von der innen liegenden, zarten Muscularis mucosae, auf der mächtigen, die Hauptmasse bildenden Ringfaserschicht regelmässig eine, wenn auch dünne und zarte, musculöse Längsfaserschicht aussen aufliegt. Nach Winkler's Citat macht auch E. Klein eine ähnliche Angabe.

ohne dass seine Schleimhaut abgelöst ward, an einem passend gebogenen, durch eine verstellbare Klammer fixirten Neusilberhaken aufgehängt. Derselbe stand mit einem Leitungsdraht in Verbindung. Ein zweiter, aber kleinerer und leichterer Neusilberhaken war ebenfalls durch das Ringlumen geschoben, aber so, dass er am Darme, nicht der Darm an ihm hing. Er verband den Ring mit einem leichten und sehr beweglichen Schreibhebel und diente zugleich als unterer Elektrode, indem an ihm ein Lamettafaden befestigt war, der vermittelst einer am Stativ isolirt angebrachten Relaisklemme mit dem Schlüssel des Schlittenapparates in Verbindung stand. Das Präparat war mit einem metallenen Hohlcylinder umgeben, den oben ein gelochtes Glimmerblatt bedeckte, und dessen Innenwand befeuchtetes Fliesspapier auskleidete. So befand sich der Ring in einer zum Schutz vor Vertrocknung genügend feuchten Atmosphäre. Der Schreibhebel wurde öfters durch eine kleine Serre-fine künstlich beschwert, weil man dadurch, ohne die Zusammenziehung des Ringes zu schädigen, die Wiederausdehnung seines glatten Ringmuskels erheblich beschleunigen kann — ein Verfahren, das auch an dem dem Froschmagen entnommenen Ringe gute Dienste leistet. Die dadurch erzeugte Belastung ist leicht dadurch zu variiren, dass man die Serre-fine ferner oder näher dem Achsenlager des Hebels an ihm anklemmt.

Fig. 1.



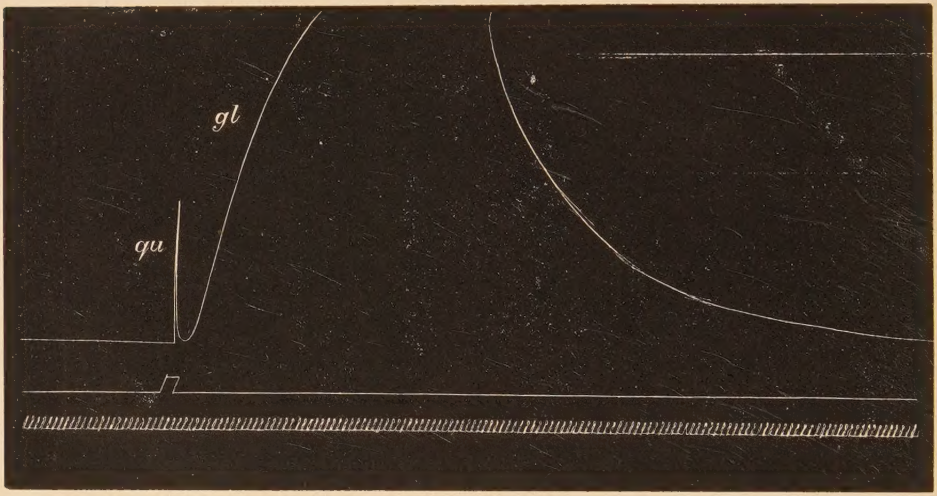
(Die Zeitmarken bedeuten Secunden.)

Schickt man durch ein solches Präparat einen einzelnen Inductionsschlag oder einen schnell von einem Oeffnungsschlag gefolgten Schliessungsschlag, so zuckt erst, genau wie beim Skeletmuskel, mit grosser Geschwindigkeit die quergestreifte Musculatur, und erst nachdem diese wieder zur Ruhe gekommen, beginnt die

glatte sich langsam zusammen zu ziehen, um allmälig ihr Contractionsmaximum zu erreichen und langsam sich wieder auszudehnen. Dieses Nebeneinander der Contraction animalischer und organischer Muskeln ist ausserordentlich lehrreich und zur schulmässigen Demonstration geeignet (s. Fig. 1, 2). In Fig. 1 besteht der Reiz in einem Oeffnungsschlag (4 cm Rollenabstand); in Fig. 2 wird der primäre Kreis schnell hinter einander geschlossen und geöffnet (Rollenabstand 3 cm).

Die Latenzzeit der Muskeln ist nach den von Schmid hinterlassenen Aufzeichnungen gemessen worden (Fig. 3). Ihre

Fig. 2.



(Die Zeitmarken bedeuten Secunden.)

Grösse betrug im Mittel 0,016 Secunden. Doch möchte ich bemerken, dass der ausgeschnittene quergestreifte Muskel der meisten Fische weit schneller abstirbt als der des Frosches; wahrscheinlich wäre die Latenzzeit am blutdurchströmten Organ kleiner gefunden worden. In der Fig. 3 ist *r* das Reizsignal; die Stimmgabel zeichnete $^1/_{100}$ Secunden.

Die bis zur Zusammenziehung der glatten Muskeln vergehende Zeit ist weit grösser und sehr wechselnd. In einigen Fällen fand ich sie, soweit bei der geringen Steilheit der Curve eine genauere Messung möglich ist, 2—4 Secunden lang, in anderen 20—30 Secunden, ohne dass sich ein Grund für diese Verschiedenheit auffinden liess.

Ueber die Zukkungsdauer der beiden Muskelarten — ich nenne auch die Contraction der glatten Muskeln eine Zukkung, ohne damit sagen zu wollen, dass sie der eines Skeletmuskels völlig äquivalent sind — geben die mitgetheilten Aufzeichnungen (s. auch Fig. 4, in der wieder *r* der Reizmoment, jede chronographische Zacke, $^1/_{100}$ Secunde bedeutet) ebenfalls Auskunft. Für die quergestreiften Ringmuskeln fand ich sie in einem Falle gleich 0,21 Secunden, in einem andern gleich 0,28 Secunden — Werthe, die wohl auch höher sind, als sie am unversehrten Organ sein würden. Demgegenüber bemisst sich, wie zu erwarten, die Dauer der Contraction der glatten Muskeln nach ganzen Minuten.

Die Höhe der animalischen Zuckung ist, trotz der ihr viel mehr als den glatten Mus-

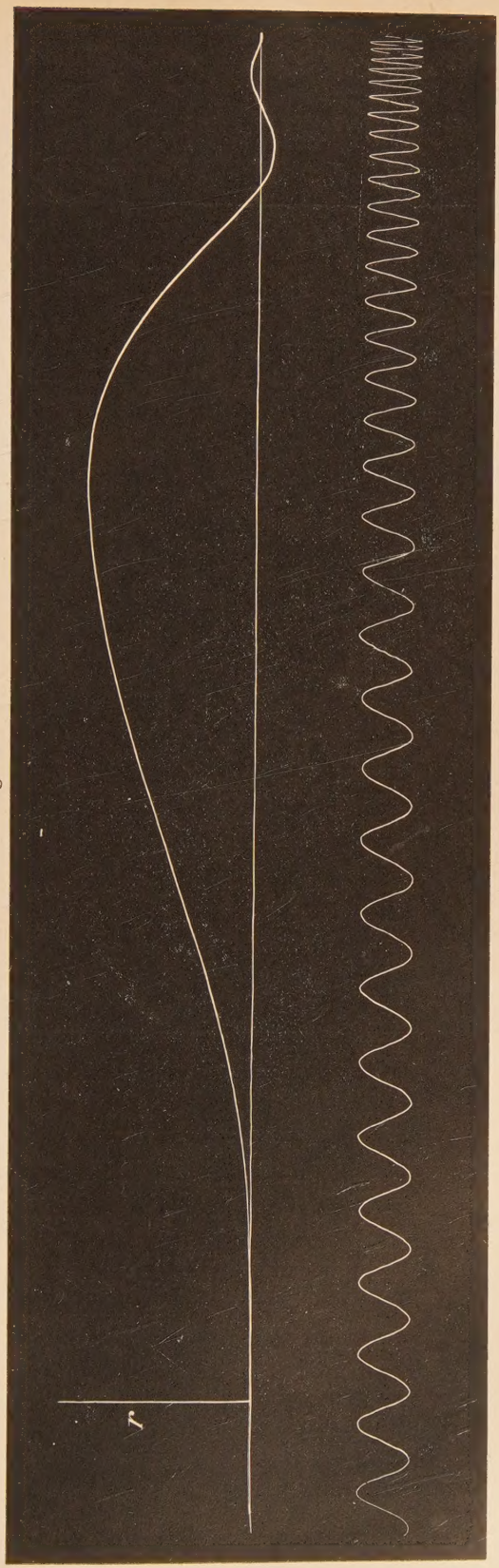
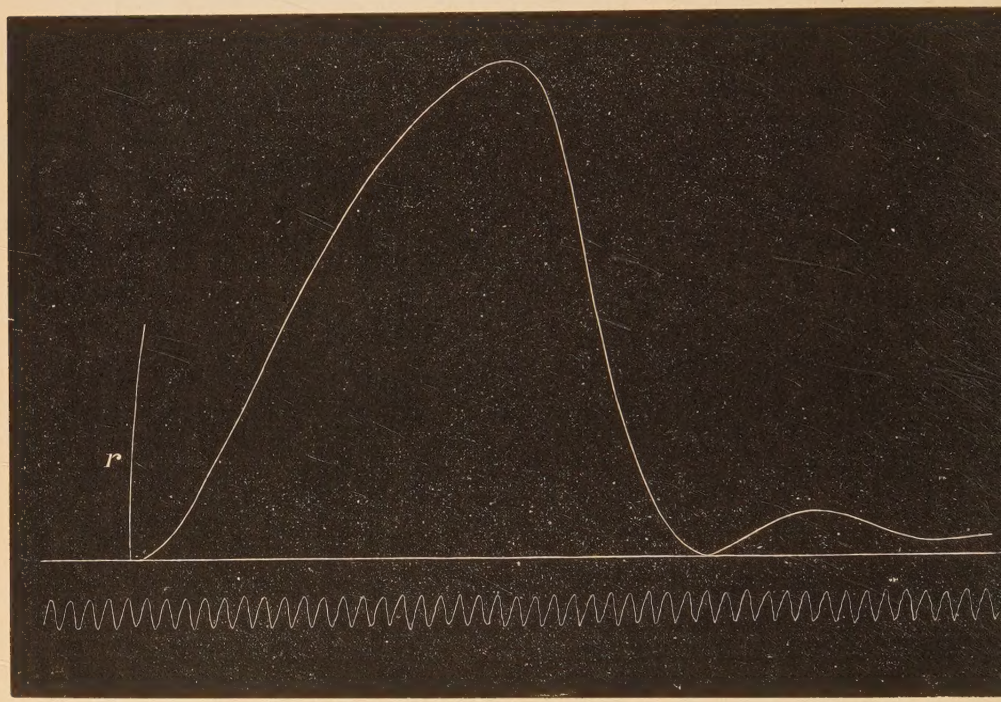


Fig. 3.

keln zu Gute kommenden Schleuderung des Schreibhebels, meistens geringer; doch lassen sich daraus Schlüsse nicht ziehen, weil möglicher Weise nur die leichte Erschöpfbarkeit der quergestreiften Muskeln Schuld daran ist.

Die Erschöpfbarkeit tritt besonders zu Tage, wenn man den Muskelring tetanisirt.

Fig. 4.



Gewöhnlich geschah die Tetanisirung in der Weise, dass mittelst des mit Unterbrecher versehenen Schlittenapparates so lange gereizt wurde, bis die glatten Muskeln sich merklich zu contrahiren begannen. Dieser Zeitraum ist, wie die Latenz bei Einzelreizen, eine sehr wechselnde Grösse. Genauere Angaben über diese Summationszeit dürften ohne Werth sein, da in den vorliegenden Versuchen weder auf absolute Gleichheit der Einzelschläge noch auf gleichmässigen Rhythmus derselben Rücksicht genommen war.

Meistens ist die durch den Tetanus des quergestreiften Muskels gehobene Schreibspitze trotz der Andauer der Reizung schon wieder bis zur Abscisse abgesunken, ehe der glatte Muskel sein Spiel be-

ginnt. (Fig. 5, mit ganz kurzer Tetanisirung.) Niemals gibt es einen auch nur einigermaassen andauernden Tetanus des ersteren. Ausnehmend günstig sind die in Fig. 6 und 7 dargestellten Fälle, wo die Tetanisirungsdauer etwa 20, bezw. 10 Secunden betrug.

Fig. 5.

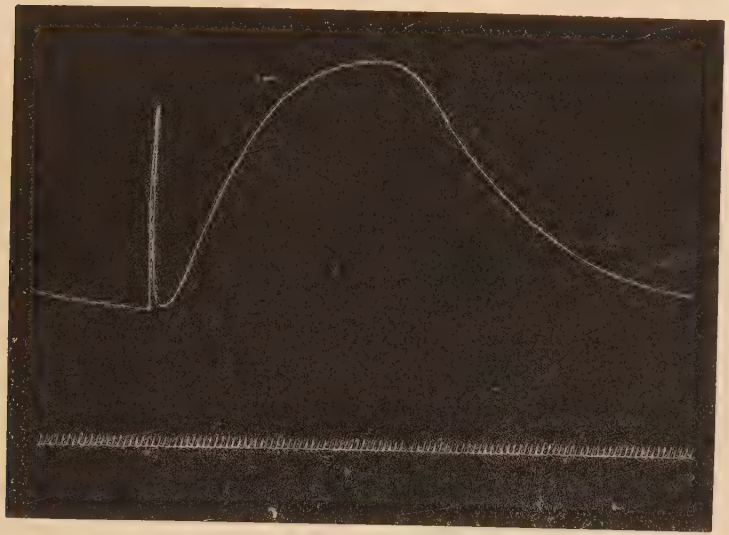
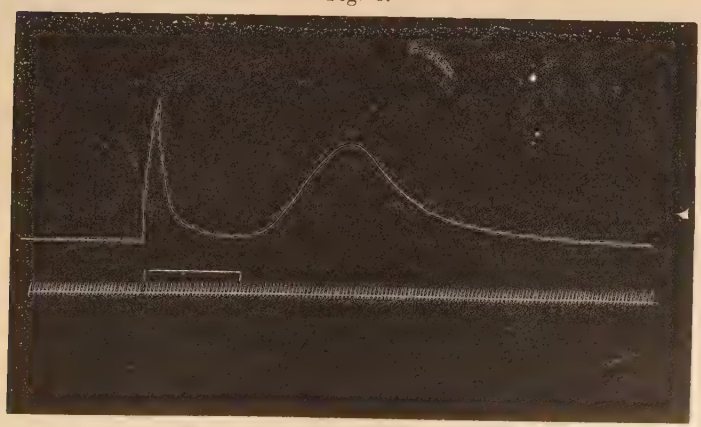


Fig. 6.



Unterwirft man, unter Einschaltung Minuten langer Pausen, den Ring einer sich wiederholenden, jedes Mal aber nur ganz kurzen Tetanisirung, so erschöpfen sich dadurch, besonders bei starken Strömen, die quergestreiften Fasern oft sehr schnell, während die glatten sich als weit ausdauernder erweisen. Die beistehende Fig. 8

gibt von einem solchen Versuch ein Beispiel. Die Tetanisirung dauerte jedes Mal wenige Secunden; bei 1. und 2. war der Rollenabstand 4 cm, bei 3. und 4. = 1 und 2 cm.

Bei der geringen Widerstandsfähigkeit der quergestreiften Muskeln des Darmes wird es nicht überraschen, dass sie auch ungereizt weit schneller absterben als die glatten. An einem ausgeschnittenen, 24 Stunden lang in der Kälte und bei genügender Feuchtigkeit aufbewahrten Darm zeigte sich, dass tetanisirende Ströme, selbst maximaler Stärke, keine Wirkung auf die animalischen Muskeln mehr hervorbrachten, während die organischen selbst noch auf Einzelreize (Oeffnungsinductionsschläge) deutlich reagirten.

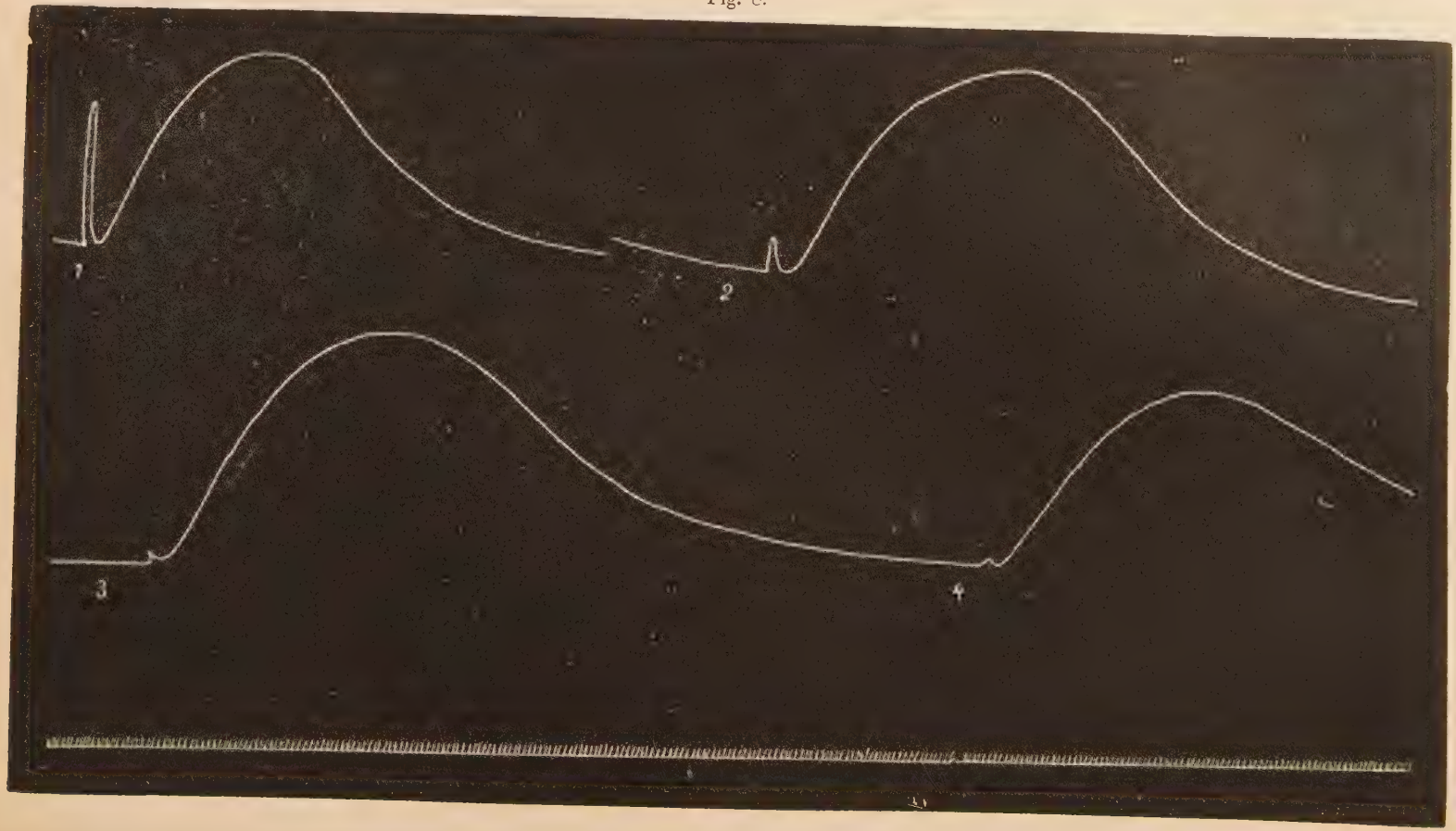
Fig. 7.

Auch starke Curarevergiftung erweist sich zuweilen als verderblich für die ersteren, während die glatten Muskeln dadurch nicht tangirt werden. Dass bei schwacher Curarisirung nur die indirecte, nicht aber auch die directe Reizbarkeit der quergestreiften Muskelfasern des Schleiendarms leidet, soll weiter unten gezeigt werden.

In Figur 9 ist nach starker Vergiftung ein bei *r* erfolgender starker Oeffnungsschlag ohne Wirkung für die quergestreiften Fasern, bringt aber die glatten zur Zusammenziehung.

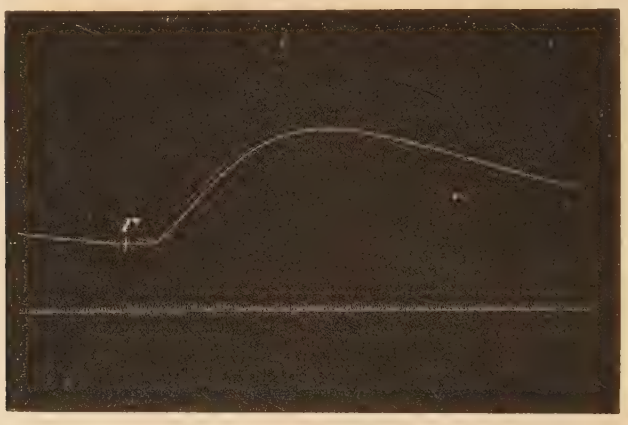
Hier sei noch eine bemerkenswerthe Erscheinung erwähnt. Es ist bekannt, dass ausgeschnittene organische Muskeln anfänglich oft mehr oder weniger rhythmische, anscheinend ganz selbstständige Bewegungen auszuführen pflegen. Die glatte Musculatur des Schleiendarms zeigt zuweilen dieselbe Erscheinung. Stärkere, wenn auch vorübergehende mechanische Reizung scheint das Auftreten einer solchen Rhythmik zu begünstigen. In der Regel

Fig. 8.



überdauert sie indessen die Herrichtung des Präparates nicht lange, so dass man durch sie wenig gestört wird. Niemals ist an den quergestreiften Muskeln etwas Aehnliches zu beobachten. Die Neigung der glatten Musculatur zur Rhythmik kommt zuweilen auch bei andauernder elektrischer Tetanisirung zum Vorschein. An frischen Präparaten, die man dauernd tetanisirt, können in Folge dessen die glatten Muskeln ganze Serien von Zusammenziehungen ausführen, während der Tetanus der quergestreiften bald vergeht. Nicht immer ist dann die erste Contraction die stärkste. Auch pflegt die Erschlaffung, so lange die Reizung dauert, nicht vollständig zu sein, vielmehr sich jede Zusammenziehung

Fig. 9.



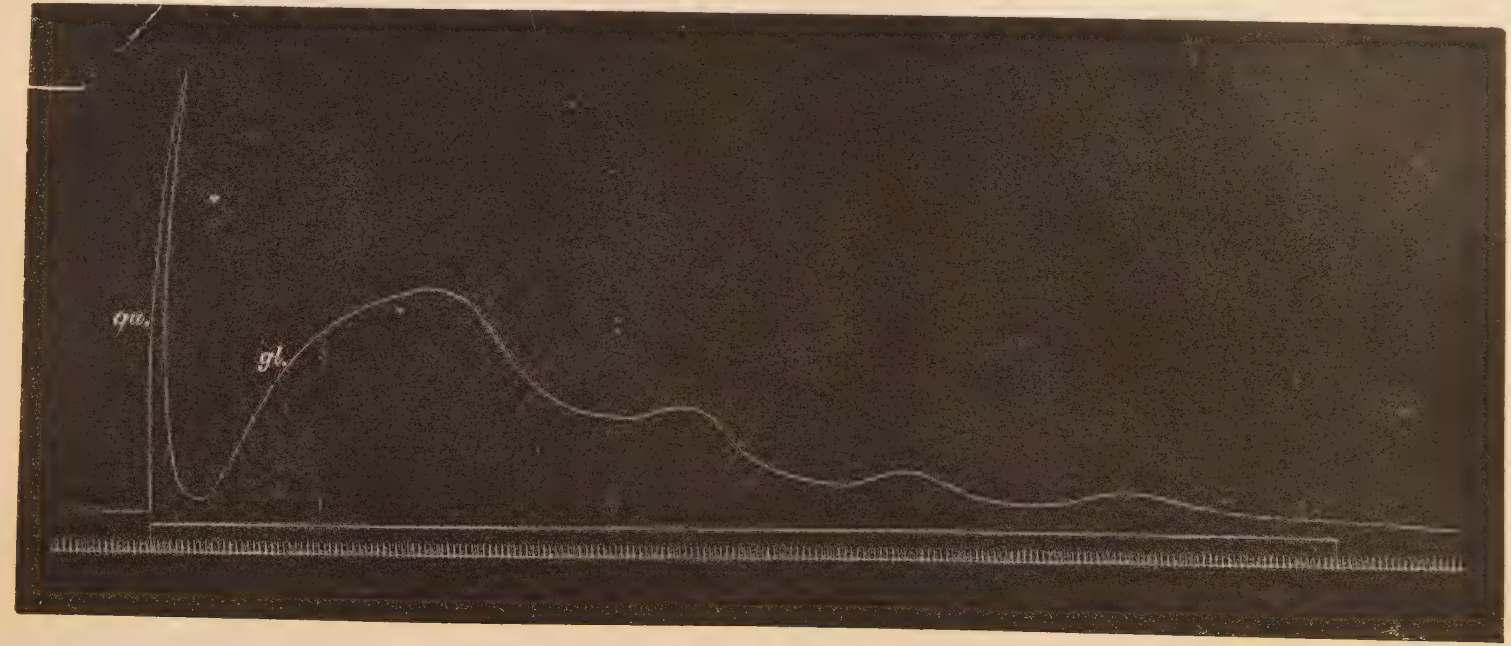
einem Contractionsrückstand der vorhergehenden zu superponiren. Zuweilen erscheinen die der ersten Contraction folgenden als secundäre Wellen auf dem absteigenden Curvenaste (s. Fig. 10).

Es erinnert der auf die Tetanisirung reagirende Schleiendarm an das Verhalten des der gleichen Behandlung unterworfenen ganglienfreien Herzmuskels (Heidenhain). Ob es sich aber bei jenem um rein musculäre Erregung handelt, lässt sich nicht entscheiden[1]).

Sehr auffallend ist ferner, dass die Erscheinung der Contractionsserien zuweilen auch nach ganz kurzer Tetanisirung, ja sogar auch auf stärkere Einzelreize (Oeffnungsinductionsschläge) sich einstellen kann. —

1) Eine ganz ähnliche Erscheinung beschreibt Winkler (a. a. O. s. o. Anm. S. 8) für den von einem Kettenstrom durchflossenen Muskelring des Froschmagens.

Fig. 10.



Zum Schluss dieses Abschnittes sei noch angeführt, dass das Verhalten, das der Muskelring des Schleiendarmes darbietet, auch an einem aus dem Darm ausgeschnittenen cylindrischen Längsstücke, das man mit einem Schreibhebel und oben und unten mit Elektroden versieht, wahrgenommen werden kann. Beherrscht beim Muskelringe die circuläre Musculatur das Bild, so ist es hier die longitudinale, deren Zusammenziehungen sich allein bemerkbar machen. Dies gilt nicht allein von den animalen Muskelfasern, sondern auch von den glatten, obgleich deren Mächtigkeit keinen Vergleich aushält mit der Dicke der glatten Ringmusculatur.

Fig. 10 stellt die Längenänderungen eines solchen Darmcylinders bei andauernder Tetanisirung dar. Man erkennt, dass die animalische Verkürzung sofort mit der Reizung anfängt, ohne dass ihr, was vielleicht vermuthet werden könnte, eine Elongation vorausgeht. Nach einigen Secunden folgen die glatten Muskeln nach, deren Zusammenziehung den oben erwähnten rhythmischen Charakter zeigt.

II. Reizung des Darms in situ.

Ed. Weber schildert (a. a. O. S. 28) seine in dieser Richtung angestellten Versuche folgendermaassen: „Als ich die Bauchhöhle des Fisches geöffnet hatte, lag dessen Magen und Darmcanal völlig unbewegt da, in dem nämlichen Augenblicke aber, wo ich den Magen mit den Enden der Leitungsdrähte des Rotationsapparates berührte, zog sich dieser sowohl, als auch sämmtliche Därme wie im Nu zusammen mit einer Heftigkeit und Schnelligkeit, wie es Skeletmuskeln thun. Die Eingeweide verharrten unbewegt in diesem zusammengezogenen Zustand, so lange der Strom auf sie fortwirkte, und kehrten bei Unterbrechung des Stromes ebenso augenblicklich zu ihrem vorigen unthätigen Zustand zurück, als sie beim Beginne desselben sich zusammengezogen hatten.“ Sehr beachtenswerth ist der Zusatz: „Ausser dieser sehr in die Augen fallenden animalischen Bewegung besitzt der Darmcanal der Schleie noch eine äusserst gering organische Bewegung, die sich durch eine nach längerer, fortgesetzter Reizung zurückbleibende schwache Einschnürung zu erkennen gab.“ Ferner heisst es: „Sehr auffallend war bei diesen Versuchen die allgemeine Theilnahme aller Theile des Nahrungscanales an der Bewegung, ungeachtet nur der Magen oder die Speiseröhre mit den Drähten, und zwar bei grosser Annäherung derselben aneinander berührt worden

waren.“ Wurden die Drähte an den Mastdarm gebracht, so erstreckte sich die Zusammenziehung nur einige Zoll aufwärts.

Diese Beobachtungen liessen sich leicht bestätigen. Tetanisirung bei Anlegung der Elektroden an den Magen (ich bediente mich passend gefasster Elektroden aus Lamettadraht oder aus dem von Langendorff am Herzen erprobten, sich der Oberfläche des Organs gut anschmiegenden Rauschgold) ergibt stets Zusammenziehungen des ganzen Verdauungscanales, und zwar nehmen daran nicht nur beide Muskelarten Theil, sondern die Contraction betrifft, wie die graphische Untersuchung ergibt, neben den dem Auge sich vornehmlich aufdrängenden Längsmuskeln auch die Ringmusculaturen. Diese Erfolge treten schon bei Rollenabständen von 10—15 cm (ein Tauchelement oder Trockenelement im Hauptkreis) ein. Wurden die Elektroden unterhalb des Magens angelegt, so gerieth das ganze weiter abwärts davon gelegene Darmstück in Contraction, während sich an dem nach oben zu liegenden die Zusammenziehungen nur wenige Centimeter oder sogar nur Millimeter entfernt von der Reizstelle bemerklich machten. So konnte man, indem man sich dem Rectum successive näherte, immer kürzere Darmabschnitte in Zusammenziehung versetzen.

Einzelne Inductionsschläge regen, selbst bei maximaler Stärke, in der Regel nur locale Contractionen an[1]), auch Wiederholung der Schläge in Secunden- oder Halbsecundenabständen ist in Betreff der Totalcontraction wirkungslos. Wird dagegen der primäre Kreis durch häufiger wiederholten Fingerdruck auf einen Morsetaster unterbrochen, so zieht sich bei Reizung des Magens der ganze Darm zusammen. Die Zusammenziehung der glatten Fasern bleibt bei Einzelreizen ebenfalls local.

Eine sehr charakteristische Wirkung hatten Kettenströme. Als Stromgeber dienten hier unpolarisirbare Pinselelektroden; Stromquelle war eine Batterie von acht Zinkkohleelementen. Schlüssel, Stromwender, Rheostat dienten zur Unterbrechung, Wendung und Abstufung des Stromes; ein Edelmann'sches Galvanometer mass die Stromstärke.

Wurden die Elektroden auf den Magen oder Darm gesetzt, so

---

1) Ganz sicher gilt dies für die circulären Muskeln; die longitudinalen quergestreiften Fasern sahen wir in einem Falle in grösserer Ausdehnung thätig werden.

gerieth dieser in Contraction, sowie der Strom geschlossen ward, verharrte darin während der Stromdauer, erschlaffte sofort bei der Oeffnung. An der Schliessungscontraction betheiligte sich auch der distal von der Reizstelle gelegene Abschnitt des Darms; die dauernde Zusammenziehung erstreckte sich dagegen nur auf den direct gereizten Theil. Ueber diese Wirkungen sowie auch über die Betheiligung der glatten Muskeln konnten genauere Ermittelungen erst mit Hülfe des graphischen Verfahrens gemacht werden, über welches gleich berichtet werden soll. Die benutzten Stromstärken schwankten zwischen 0,5 und 5 Milli-Ampère.

Auch gelegentliche mechanische Reize zeigten sich wirksam, weniger auf die quergestreifte, als auf die glatte Musculatur. Die letztere gerieth in einem Falle in Folge einer stärkeren mechanischen Erregung (Fixirung des Magens vermittelst eines durch den Magen gestossenen Pfriemens) in andauernde rhythmische Thätigkeit. Und zwar war es die glatte Längsmusculatur, die diese Erscheinung zeigte; der Darm war an der ersten Umbiegungsstelle durchschnitten, sein proximaler Theil mit einem Zughebel so verbunden, dass sich die Längenänderungen aufzeichneten. Die Aufschreibung ergab eine Reihenfolge von etwa 20 kräftigen langsamen (organischen) Zusammenziehungen. Genauer wurden die mechanischen Reize nicht geprüft.

Besser als die einfache Beobachtung belehrt über das Verhalten des in situ gereizten Darmes und Magens die Selbstregistrirung der Aenderungen, die dabei die Weite des Darmlumens an der gereizten oder an einer unterhalb des Reizungsortes gelegenen Darmstelle erfährt.

Zum Zwecke solcher Aufschreibungen wurde in den eröffneten Darm von der ersten Umbiegungsstelle her ein kleiner mit Wasser oder Kochsalzlösung gefüllter Gummiballon eingeschoben und fixirt. Als zweckmässigstes Material dafür erwiesen sich die neuerdings in den Gebrauch gekommenen „Fingerlinge“ aus feinstem Condomgummi. In einzelnen Fällen hatte ich vorher die wohlgereinigte Gallenblase, in anderen die Schwimmblase einer Tags zuvor getödteten Schleie benutzt.

Das etwa haselnussgrosse Bläschen stand durch ein T-Rohr mit einer Marey'schen Schreibkapsel in Verbindung. Durch den horizontalen Schenkel des Rohres wurde das System bis etwa zur halben Höhe des verticalen mit der Kapsel verbundenen Schenkels mit

Flüssigkeit gefüllt und dann geschlossen. Alle Lumenänderungen der betreffenden Darmstelle schrieb dann die Zeichenkapsel auf.

In den folgenden Versuchen lagen die Elektroden meistens der mit der Gummiblase versehenen Darmstelle an.

Fig. 11.

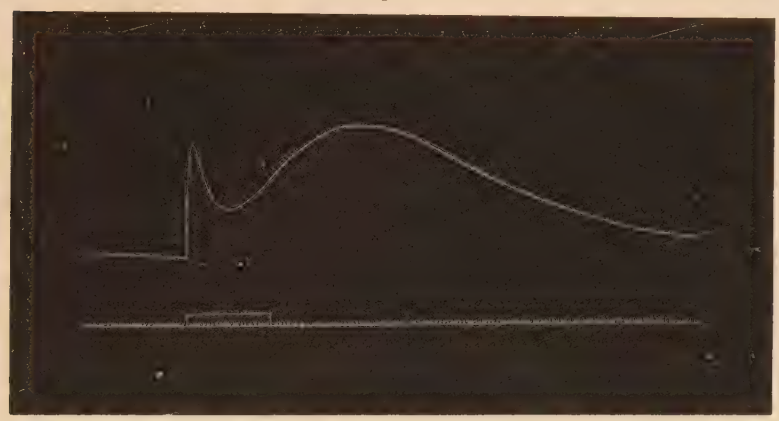
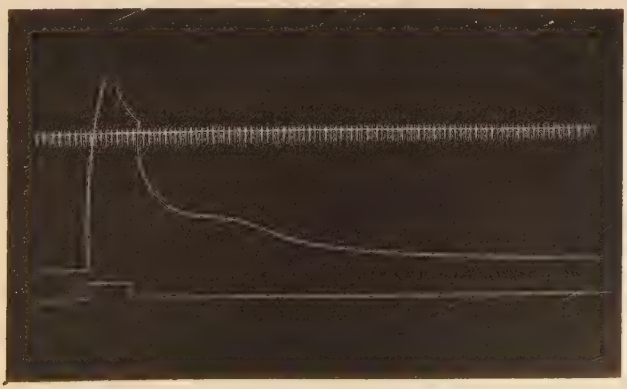


Fig. 11 erläutert die Wirkung einer tetanisirenden Reizung; der Rollenabstand betrug 8 cm, die Reizdauer 25 Sec. Auf das Schönste ist hier die sofortige Zusammenziehung der quergestreiften, die weit

Fig. 12.



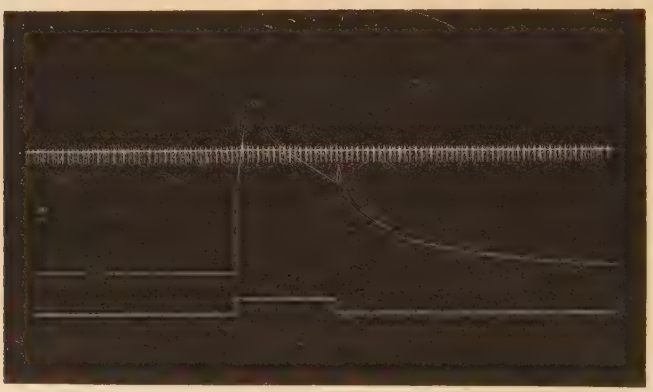
spätere, erst nach Beendigung der Reizung anhebende, langsame Zusammenziehung der glatten Ringmuskeln zu erkennen.

Auch hier erlahmt der Tetanus der animalischen Fasern, bevor noch die Reizung zu Ende ist. Die Verspätung der glatten Muskeln ist hier erheblich grösser als bei Reizung eines ausgeschnittenen

Ringes. Viel ausdauernder ist die Dauercontraction, die man durch Anwendung galvanischer Reize erhält. In Fig. 12 und Fig. 13 geschah diese Reizung bipolar, beide Pinselelektroden in mässigem Abstand von einander über der mit der Gummiblase versehenen Stelle.

In Fig. 12 wurde bei einer Stromstärke von 5 MA gereizt. Man erkennt die steile Erhebung bei der Schliessung, die langsame Verringerung der Contraction während der Dauer des Stromes. Als er nach 9 Sec. geöffnet wird, ist sie immer noch kräftig. Bei der Oeffnung fällt der Schreibhebel schnell ab, eine Oeffnungszuckung war in diesem Falle nicht vorhanden. Dagegen schliesst sich, wie man deutlich erkennt, eine schwache Zusammenziehung der glatten Ringmuskeln der viel stärkeren der quergestreiften an. In vielen

Fig. 13.

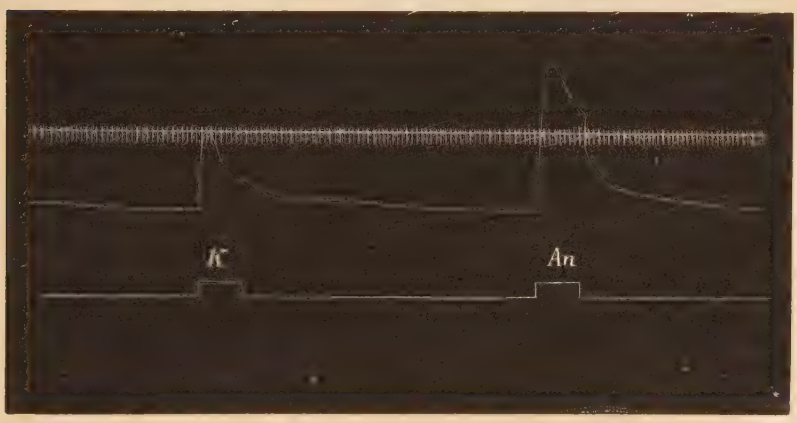


anderen Fällen fehlte die organische Bewegung gänzlich oder wurde auch nur durch die noch vorhandene Contraction der quergestreiften Muskeln verdeckt.

Fig. 13 zeigt ähnliche Verhältnisse; nur fehlt hier die Zusammenziehung der glatten Fasern, und bei der Oeffnung des Kreises tritt eine deutliche, dem bestehenden Contractionszustand sich aufsetzende Oeffnungszuckung der quergestreiften Fasern ein. Die Curve erinnert auffallend an diejenigen, welche man vom curarisirten Sartorius erhält. Beachtenswerth scheint mir, im Hinblick auf die Theorie der Schliessungsdauercontraction, dass der Muskel durch sie weniger ermüdet zu werden scheint, wie durch einen durch Reizfolgen herbeigeführten Tetanus. In Fig. 13, wo die Durchströmung 19 Sec. dauert, ist der Muskel bei der Oeffnung des Stromes noch stark contrahirt; man vergleiche damit die geringe Andauer des Tetanus in Fig. 11.

Endlich gebe ich in Fig. 14 einen Versuch wieder, bei welchem die Reizung eine unipolare gewesen ist. Die indifferente Elektrode lag links dem Kopfe des Thieres an, die andere befand sich über der explorirten Darmstelle. Einmal lag die Kathode, das andere Mal die Anode auf dem Darm. In beiden Fällen betrug die Stromstärke 2 MA. Sehr auffallend ist hier das Ueberwiegen der Anode. Es erinnert dies Verhalten an ähnliche Erscheinungen, die Biedermann (9) und Andere am glattmuskeligen Darm von Säugethieren gesehen haben, und die trotz der anscheinenden Abweichung sich doch als in voller Uebereinstimmung mit dem polaren Erregungsgesetz erwiesen haben.

Fig. 14.



III. Reizung des N. vagus.

Bekanntlich hat Ed. Weber gefunden, dass die quergestreifte Darmmusculatur der Schleie vom Vagus innervirt wird. Reizte er die N. vagi in ihrem Verlauf oder an ihrem Ursprung, oder tetanisirte er die Medulla oblongata, so zogen sich Magen und Darmcanal „mit solcher Geschwindigkeit und Heftigkeit in allen ihren Theilen zusammen, wie Skeletmuskeln, wenn ihre motorischen Nerven auf gleiche Weise gereizt werden; sie verharrten, wenn die Reizung fortdauerte, in bewegungsloser Zusammenziehung und kehrten, wenn der Strom unterbrochen wurde, ebenso augenblicklich zum ausgedehnten Zustande zurück, als sie sich bei dessen Beginn znsammengezogen hatten". „Nur durfte man," fährt Weber fort, „die Reizung nicht zu lange fortsetzen, denn, wenn dies geschah, liess die Zusammen-

ziehung bald allmälig von selbst nach, so dass der Nervus vagus sich schneller als andere motorische Nerven zu erschöpfen schien."

Es ist leicht, diese Befunde zu bestätigen. Sticht man in das Kopfmark einer lebenden Schleie, deren Magendarmcanal man freigelegt hat, Nadelelektroden ein, und lässt man tetanisirende Inductionsströme von mässiger Stärke hindurchgehen, so sieht man mit dem Beginn der Reizung den ganzen Verdauungsschlauch sich schnell verkürzen, die Zusammenziehung aber meistens schneller vorübergehen als die Reizung, wenn diese von einiger Dauer ist. Dasselbe beobachtet man bei Reizung eines der beiden N. vagi. Bedient man sich der von mir oben geschilderten graphischen Methode, so erkennt man, was bei der blossen Betrachtung nicht deutlich ist, und was auch Weber nicht besonders erwähnt, dass an der Bewegung auch die circuläre Musculatur und zwar die gestreifte sowohl als die glatte[1]) sich betheiligt.

Ich schicke der Mittheilung meiner graphischen Ergebnisse einige Bemerkungen zur Präparation des Vagus, speciell seines Intestinalastes, voraus.

Wir verdanken genauere Mittheilungen über den Verlauf des Vagus bei Fischen (auch bei den Cypriniden, denen Tinca vulgaris nahesteht) vor allem Stannius (10), der mit grosser Sorgfalt an einem ungemein reichen Material der verschiedensten Fischspecies das anatomische Verhalten des peripherischen Nervensystems untersucht hat. An ihn lehnen sich die Beobachtungen von Hoffmann (11) an, der das Verhalten des N. vagus besonders beim Karpfen anatomisch und physiologisch untersucht hat. Eine eingehendere Darstellung des Verlaufs des N. vagus bei der Schleie, mit Rücksicht auf seine Beziehungen zum Verdauungscanal, gibt auch R. du Bois-Reymond (a. a. O. S. 30). Nach seinen Angaben, die ich nach öfteren eigenen Präparationen bestätigen kann, habe ich mich hauptsächlich gerichtet.

---

1) Weber bemerkt allerdings, er habe bei andauernder Tetanisirung der N. vagi „bisweilen an einzelnen Stellen des Darms kleine Bewegungen entstehen sehen, die einige Aehnlichkeit mit den peristaltischen hatten", indessen ist er selbst kaum der Ansicht gewesen, dass es sich dabei um Bewegungen glatter Muskeln handelte; denn er meinte, dass diese Erscheinung daher rühren möchte, „dass andere, noch nicht völlig erschöpfte Fasern des Nervus vagus mit dem galvanischen Strome in Berührung kamen und dann einzelne Stellen des Darmcanals in Zusammenziehung versetzten, während andere unzusammengezogen blieben."

Sie lauten folgendermaassen: „Der Vagus tritt aus der länglichen Oeffnung im unteren Theil der Schuppe des Hinterhauptbeins (Os exoccipitale — Owen) hinter der Ansatzstelle des Schlundkiefers hervor und theilt sich sofort in eine Anzahl Aeste, welche, nach verschiedener Richtung verlaufend, Hinterhaupt, Seitenlinie, Kiemenbogen, Gaumenorgan, Diaphragma, Herz und Darm versorgen. Der Zweig, welcher an den Darm geht, verläuft quer über die Mitte des hintersten Branchilevator, eines starken Muskels, der von dem hinteren Fortsatz des Hinterhauptbeins nach vorn, unten, lateral zum Schlundkiefer gespannt ist. Hier liegt der Nerv unter der an den Schulterbogen gehefteten Musculatur und dem die Brusthöhle erfüllenden venösen Sinus. Am unteren Rande des Branchilevator theilt sich der Darmnerv in zwei weitere Aeste, von denen der eine sogleich in die Wand des Oesophagus eintritt, in welcher er noch eine Strecke weit zu erkennen ist, der andere sich an die Arteria coeliaca anschliesst. Hier entsteht nach Herrn Owen, durch Hinzutreten sympathischer Fasern, das Ganglion splanchnicum, von welchem sich die Nervenzweige für die unteren Darmabschnitte und die benachbarten Organe mit den Zweigarterien zugleich verbreiten."

Nach diesen Angaben von du Bois-Reymond habe ich den Vagus präparirt, und kann ich folgende Schnittführungen als sehr geeignet empfehlen: Man macht am besten mit der Scheere einen unmittelbar hinter dem Kopfe beginnenden, 3—4 cm langen Hautschnitt in der Seitenlinie und von Beginn dieses Schnittes einen zweiten Hautschnitt um den Schultergürtel herum bis zur Brustflosse, so dass ein dreieckiger Hautlappen entsteht. Dieser wird so weit wie möglich abpräparirt und entfernt. Dann nimmt man die unmittelbar hinter dem Schultergürtel liegende Musculatur fort, so dass das Scapulare und zum Theil auch die Supraclavicularia an ihrer hinteren Fläche freigelegt werden. Mit einem stumpfen Instrument, am besten mit einem „Finder", löst man diese Knochen vorsichtig so weit als möglich von der Unterlage, indem man den Finder unter sie schiebt und mit demselben alles Binde- und Muskelgewebe durchreisst. Mit einer Scheere durchschneidet man nun die Supraclavicularia möglichst hoch oben und unten das Claviculare möglichst nahe seiner Verbindung mit der Brustflosse. Unmittelbar unter diesem Knochen des Schultergürtels findet man schon einzelne oberflächliche Aeste des Vagus. Um ein freieres Gesichtsfeld zu bekommen, nimmt man noch den Kiemendeckel fort und stutzt die

Kieme etwas mit der Scheere. Die jetzt noch im Wege liegende Musculatur durchtrennt man stumpf mittelst zweier Häkchen und beseitigt sie mit der Scheere, bis man in der Tiefe auf den hintersten Branchilevator stösst, der sich von der übrigen grauen Skeletmusculatur durch seine mehr gelblichrothe Färbung unterscheidet. Ungefähr in der Mitte dieses Muskels findet man, in einer bindegewebigen Scheide eingeschlossen, einen ziemlich starken, quer über denselben verlaufenden Nervenstamm: Dies ist der Darmvagus, der von den übrigen hier verlaufenden Vagusästen leicht zu unterscheiden ist; diese verlaufen nämlich alle ziemlich senkrecht zur Körperachse, während der Darmvagus dieselbe in ziemlich schräger Richtung schneidet. An dieser Stelle wird der Darmvagus (R. intestinalis vagi) am besten gereizt. Ich operirte entweder an frisch aus dem Wasser genommenen Schleien, die lebend — aber ohne dass künstliche Athmung unterhalten wurde — auf einem passend eingerichteten Versuchsbrett fixirt wurden, oder ich benutzte Thiere, denen das Centralnervensystem auf möglichst unblutigem Wege (Tamponade mit einem zugespitzten Hölzchen) zerstört worden war. Will man gute Ergebnisse erzielen, so muss man dafür sorgen, dass die Circulation möglichst kräftig bleibt. Glücklicher Weise gehören die Schleien zu denjenigen Fischen, bei denen das Herz lange Zeit der Erstickung widersteht.

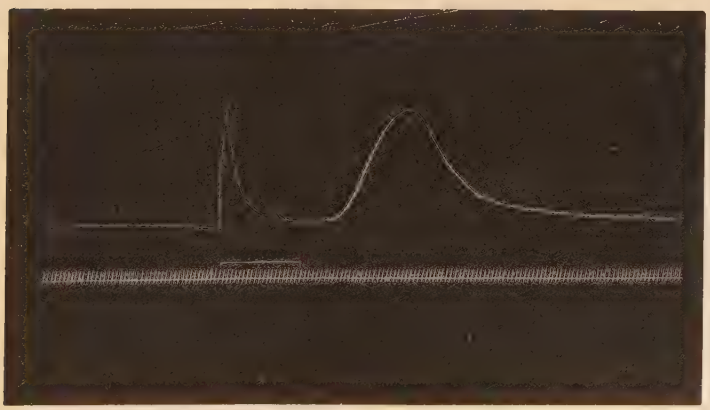
Wird nun der Nerv möglichst central durchschnitten und der distale Stumpf auf dünne, einander sehr genäherte Metallelektroden gelegt, und schickt man tetanisirende Ströme von mittlerer Intensität (Schlittenapparat mit einem Tauchelement, 8—12 cm Rollenabstand) hindurch, so zieht sich die quergestreifte Musculatur augenblicklich zusammen. In der Regel aber ist sie ebenso wenig ausdauernd, wie bei den oben mitgetheilten Versuchen mit directer Magen- oder Darmreizung.

Sehr belehrende Bilder ergibt die graphische Aufzeichnung mittelst des früher geschilderten, mit Flüssigkeit beschickten Transmissionssystems. Ich gebe in den beistehenden Figuren 15 bis 17 einige Beispiele. Die Reizungsdauer war in diesen drei Versuchen verschieden (10, 20, 50 Sec.); der Rollenabstand betrug bei Fig. 15 und 16 8 cm, bei Fig. 17 10 cm. Man erkennt die grosse Aehnlichkeit, die diese Aufzeichnungen mit den bei directer Tetanisirung des Darms gewonnenen haben. Die dort gegebene Besprechung derselben bedarf daher keiner Wiederholung. Der Zusammenziehung der

quergestreiften Ringfasern folgt die der glatten auch hier meistens nach langem Intervall. Man sieht, dass in Fig. 15 mehr als 20 Sec., in Fig. 16 etwa 40 Sec. vom Beginne der Reizung bis zum ersten Auftreten der organischen Bewegung verfliessen.

Fig. 15.

Fig. 16.

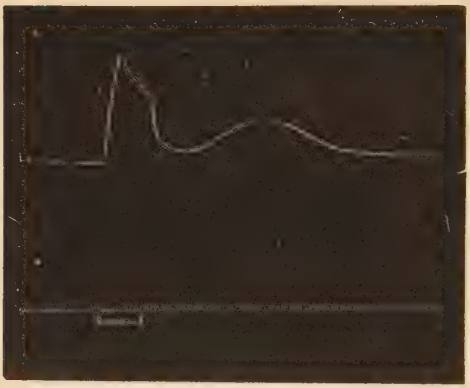


Auf diese Verschiedenheit der Summationszeit dürfte indessen kein grosser Werth zu legen sein, da auch bei diesen Versuchen eine Gewähr für gleichmässige Reizfrequenz nicht gegeben war. In Fig. 17 ist auffallend die lange Ausdauer des Tetanus der animalischen Muskeln, wenn sich auch die Zusammenziehung nicht auf der ursprünglichen Höhe hielt, sondern langsam absank. Auffallend ist hier ferner, dass trotz der geringen Reizdauer (10 Sec.) die Zusammenziehung der glatten Muskeln verhältnissmässig früh auftrat.

Als ganz unwirksam erwiesen sich am N. vagus sowohl wie an der Med. oblongata einzelne Inductionsschläge. Selbst bei übereinandergeschobenen Rollen des Schlittenapparates sah ich keinen Erfolg.

Von hohem Interesse ist das Verhalten des N. vagus bei der Vergiftung mit Curare. Dieselbe wurde in der später zu schildernden Weise vorgenommen. Schon die blosse Beobachtung des Darmes lehrt, dass nach Eintritt der Vergiftung jede Wirkung der Vagusreizung auf die quergestreiften Muskeln des Magens und Darmes gänzlich ausbleibt. So waren Ströme, die auf das Kopfmark applicirt wurden, und die das Herz zum Stillstand brachten, nicht im Stande, die animalische Darmmusculatur im geringsten zu erregen. Wohl aber wirkte trotz der Vergiftung die Vagusreizung noch auf das deutlichste auf die glatte Musculatur ein. Dies ergab sich schon daraus, dass bei der einfachen Beobachtung Einschnürungen am Darm sichtbar wurden, die langsam erschienen und langsam wieder verschwanden. Bei der graphischen Darstellung (s. Fig. 18) ist diese Bethätigung der organischen Muskelfasern und das gänzliche Versagen der animalischen sehr deutlich.

Fig. 17.



In Fig. 18 wurde 30 Secunden lang der Vagus tetanisirt (Rollenabstand 8 cm). Erst gegen Ende der Reizung beginnen die glatten Muskeln ihre Thätigkeit; die quergestreiften machen sich in keiner Weise bemerklich.

Es ist ja die Thatsache nicht neu, dass Curaredosen, die im Stande sind, die Enden animalischer Muskelnervenfasern zu lähmen, die Wirksamkeit der zu glatten Muskeln ziehenden Nerven bestehen lassen. Es wird aber nicht leicht ein Object zu finden sein, an dem sich dies in so schlagender Weise, bei Reizung eines und desselben, zugleich quergestreifte und glatte Muskeln desselben Organs beherrschenden Nervenstammes, demonstriren liesse.

IV. Spontane und reflectorische Zusammenziehungen des Darms.

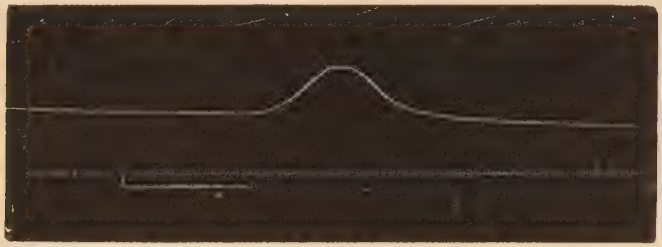
In Bezug auf diese Punkte kann ich mich sehr kurz fassen.

Niemals sah ich, wenn bei einer lebenden Schleie der Darm freigelegt worden war, etwas, was man als willkürliche oder als automatische Contraction der quergestreiften Muskeln hätte deuten können.

An den glatten Muskeln des Darmes sah ich einmal bei wohlgefülltem Darmlumen eine verhältnissmässig lebhafte Peristaltik. Dass ich eine solche nicht öfter zu Gesicht bekam, mag an der Ungunst der Jahreszeit (Winter) gelegen haben.

Reflectorisch eine Bewegung der animalischen Darmmuskeln zu erzeugen, ist mir ebenfalls nicht gelungen. Ich reizte die ver-

Fig. 18.



schiedensten Stellen des Körpers ohne Erfolg. In einem Falle vergiftete ich das Thier mit Strychnin. Die Vergiftung war so stark, dass auf die gelindeste Berührung anfangs locale, später allgemeine zu heftigen Krämpfen gesteigerte Reflexe auftraten. Der Darm blieb bei allen Reizungen der Haut, wo sie auch angreifen und wie stark sie auch sein mochten, völlig in Ruhe. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass die quergestreifte Musculatur des Schleiendarmes reflectorisch nicht thätig sein könne. Vermuthlich habe ich nur den richtigen Nervenbezirk nicht getroffen, von dem aus ein solcher Reflex erzielt werden kann und unter normalen Verhältnissen vielleicht immer hervorgerufen wird.

V. Besprechung einiger der mitgetheilten Versuchsergebnisse.

Die meisten der im Vorausgehenden angeführten Versuche und Beobachtungen bedürfen keiner besonderen Besprechung. Sie be-

stätigen im Wesentlichen das, was man von vornherein aus dem anatomischen Bau dieses so auffallend ausgestatteten Organs ableiten konnte. Der Frage der functionellen Bedeutung dieser Ausstattung, durch die sich der Darm der Schleie von dem aller übrigen Wirbelthiere unterscheidet, bin ich nicht näher getreten und wage daher nicht, hier über sie eine Vermuthung zu äussern. Dagegen müssen einige andere Punkte kurz discutirt werden.

1. Die Unwirksamkeit einzelner auf den N. vagus bald hinter seinen Ursprung oder auf das Kopfmark applicirter Inductionsschläge legt die Vermuthung nahe, dass die Beziehungen des genannten Nerven zu seiner Musculatur wesentlich andere sein möchten, wie die eines Bewegungsnerven der Skeletmusculatur. Da die Muskelhaut selbst, isolirt oder in situ, unvergiftet oder curarisirt, sowohl mit ihrem glatten als mit ihrem quergestreiften Antheil, auf einzelne Inductionsschläge reagirt, muss man annehmen, dass zwischen Nerv und Musculatur ein Glied tritt, welches den zum animalischen System gehörigen Nervmuskelapparaten fehlt. Vielleicht sind Nervenzellen eingeschaltet, die — nach den Erfahrungen Langendorff's (12) am Halssympathicus — sehr wohl im Stande wären, das Verhalten zu erklären. Zeigt es sich doch, dass, während einzelne, selbst sehr starke Inductionsschläge von den „präcellulären" Fasern des Halssympathicus aus nur äusserst selten eine Pupillenerweiterung herbeizuführen vermögen, sie dies regelmässig thun, wenn man sie auf die „postcellulären" (hirnwärts vom Ganglion cervicale superius verlaufenden) Fasern wirken lässt.

Die Einschaltung von Nervenzellen in die Vagus-Darmmuskelbahn könnte vor dem Eintritt des Nerven in die Darmwand oder in dieser selbst stattfinden. Owen gibt (nach du Bois-Reymond) an, dass der Intestinalzweig des Vagus dort, wo er mit sympathischen Nervenfäden zusammentrifft, also etwa in der Gegend der Art. coeliaca, ein Ganglion splanchnicum bildet. Andererseits könnte man an die in der Darmwand selbst gelegenen, an Nervenzellen reichen Plexus denken, die auch zwischen den beiden quergestreiften Muskellagern nicht fehlen.

Aehnlich wie einzelnen Inductionsschlägen gegenüber sah ich in einem Falle den Vagus sich auch gegen Schliessung und Oeffnung von Kettenströmen verhalten: der Darm blieb völlig in Ruhe. Die Stromstärke ging bis 4 MA. Auch hieraus wird man die Einschaltung sympathischer Nervenzellen folgern dürfen. Indessen

möchte ich aus der einen Beobachtung noch keine weitgehenden Schlüsse ziehen.

2. Es wurde oben mitgetheilt, dass sich bei der Reizung des N. vagus sowohl die quergestreiften Ringmuskeln als auch die quergestreiften Längsmuskelfasern zusammenziehen. Auch die glatte Circulärmusculatur ist betheiligt, ob auch die longitudinale, kann ich nicht entscheiden. Jedenfalls ist es von Wichtigkeit, dass die beiden quergestreiften Schichten von demselben Nerven aus in Thätigkeit gesetzt werden: Die sogenannte gekreuzte Innervation (v. Basch) des Säugethierdarmes ist bekanntlich noch Gegenstand der Discussion. Am quergestreiften Schleiendarmmuskel, an welchem diese Dinge sich so viel leichter übersehen lassen, wie an der glatten, nur mit schwachen Längsmuskelfasern ausgestatteten Musculatur des Säugerdarmes, übt jedenfalls der Nerv, der die Ringmuskeln zur Zusammenziehung bringt, keinen hemmenden Einfluss auf die Längsmuskeln aus, bringt sie vielmehr gleichfalls und gleichzeitig zur Contraction.

Auch enthält der N. vagus die für beiderlei Muskeln bestimmten Elemente schon an seinem Ursprung. Welche Bedeutung seine späteren Verbindungen mit dem Sympathicus (Stannius a. a. O. S. 140) haben mögen, kann ich nicht sagen.

3. Die auffallendste unter den Erscheinungen, die nach dem Vorangehenden bei directer Reizung des in situ befindlichen Darms beobachtet worden, ist die, dass bei tetanisirender Reizung irgend eines Theiles des Magendarmrohres ausser diesem selbst der ganze distalwärts davon gelegene Darm in Action geräth. Es handelt sich dabei nicht allein um die quergestreifte Längsmusculatur, deren Betheiligung ohne Weiteres auffällt, sondern, wie die graphische Darstellung ergibt, auch um Mitbetheiligung der circulären quergestreiften und glatten Muskelfasern; wahrscheinlich nehmen auch die glatten Längsfasern an der Bewegung Theil.

Fassen wir die animalische Musculatur allein ins Auge. Ed. Weber glaubt die erwähnte Erscheinung nur dadurch erklären zu können, „dass die Nerven des Darmcanales dicht an demselben hinlaufen, so dass die Reizung eines oberen Stückes desselben immer die Nerven der unteren Theile mittrifft“ (a. a. O. S. 28). Er hält also die Reizung für eine indirecte. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass Weber die directe Reizbarkeit animalischer Muskelfasern überhaupt nicht anerkennt (a. a. O. S. 7 u. ff.).

Da jetzt die directe Reizbarkeit der quergestreiften Muskeln allgemein anerkannt wird, erhebt sich für uns die Frage, ob dem directen Reizungserfolge hier ein indirecter, nervöser, im Sinne von Weber, sich etwa beigesellt oder ob nicht vielleicht, unter Beschränkung der Reizung auf den von den Elektroden berührten Muskel, eine musculäre Fortleitung der Erregung nach Art der Peristaltik glatter Muskelschläuche stattfindet. In letzterem Falle würden wir es mit einer Erregungsleitung von Muskelelement zu Muskelelement nach Art der für das Herz von Engelmann angenommenen zu thun haben.

Endlich könnte man auch daran denken, dass die an einer Stelle gesetzte Erregung eine auf nervöser Coordination beruhende Peristaltik entfesselt werden könnte, ähnlich, wie sich Manche die auf Reizung der Schleimhaut des Säugethierdarmes entstehende, sich rectalwärts fortpflanzende Bewegung erzeugt denken. Man könnte hierbei den auch den quergestreiften Schichten des Schleiendarmes nicht fehlenden Nervenplexus der Darmwand in Betracht ziehen.

Die Annahme einer Leitung von Muskelelement zu Muskelelement stösst schon von vornherein auf Schwierigkeiten. Wir müssten nämlich dazu annehmen, dass die an einer Stelle gesetzte Erregung einmal von Muskelring zu Muskelring sich weiter verbreitete, und dass zweitens jedes Längselement seine Erregung ebenfalls an seinen Nachbarn weiter gäbe. Die Fasern, aus denen die querstreifige longitudinale Musculatur besteht, entsprechen nämlich in ihrer Grösse nicht etwa der ganzen Länge des Darmrohres, sondern sind nach R. du Bois-Reymond nur 3—6 mm lang. Die Fortleitung von Muskelring zu Muskelring muss schon desshalb als höchst unwahrscheinlich angesehen werden, weil die circulären Fasern in Bündeln geordnet sind, die von einander durch Bindegewebe abgegrenzt sind. Musculäre Brücken zwischen den Bündeln sind bis jetzt nicht nachgewiesen.

Indessen lässt sich auch die Annahme einer musculären Fortleitung in den Längselementen widerlegen. Hier habe ich einen Versuch angestellt, der einem von Mosso an der Speiseröhre ausgeführten entspricht, und der ein ganz ähnliches Resultat lieferte wie dieser.

Ich durchschnitt den Darm an irgend einer Stelle seines Verlaufes, meistens an der ersten Umbiegungsstelle, ohne ihn vom Mesenterium abzulösen. Reizte ich dann den Magen, so zog sich der

ganze Darm bis zum Mastdarm hinab zusammen, wie er dies auch vor der Schnittführung gethan hatte. Offenbar könnte eine von Muskelfaser zu Muskelfaser fortgeleitete Erregung über eine solche Schnittstelle nicht hinwegkommen.

Ich erwähne noch, obschon dies nach dem Angeführten fast überflüssig erscheinen könnte, dass man, um die Betheiligung der distalen Darmabschnitte an einer local gesetzten Erregung nach diesem Princip zu erklären, ein irreciprokes Leitungsvermögen annehmen müsste, da ja die magenwärts von der Reizungsstelle liegenden Darmabschnitte bei der Reizung in Ruhe bleiben, — eine Annahme, die wieder neue Hülfshypothesen nöthig machen würde.

Auch der Vermuthung, dass das intestinale Nervennetz die Fortleitung besorge, wird durch den Durchschneidungsversuch die Grundlage entzogen.

Zwingen uns schon diese Versuche und Betrachtungen, auf alle anderen Erklärungsweisen für die Fernwirkung localer Reizung Verzicht zu leisten und uns zu der von Weber gegebenen, übrigens auch einfachsten Deutung zu bekennen, so ist noch eine andere Erfahrung geeignet, die Möglichkeit einer rein musculären Fortleitung als ganz undenkbar erscheinen zu lassen. Besässe man ein Gift, das wie das Curare im quergestreiften Skeletmuskel die Enden der Bewegungsnerven im Herzen und im glattmuskeligen Darm lähmte, so wäre die Streitfrage, ob die diesen beiden Organen eigenthümlichen Bewegungen durch musculäre oder nervöse Fortleitung zu erklären seien, längst entschieden. Beim quergestreiften Schleiendarm ist das Curare anwendbar und der Erfolg seiner Anwendung in der That ganz unzweideutig.

Um dem Fische das Gift beizubringen, wird ihm am besten eine Mastdarminjection gemacht. Dem lebenden Thier werden 5—10 ccm einer etwa 0,5procentigen unfiltrirten Curarelösung ins Rectum eingespritzt, die Afteröffnung durch einen Wattepfropf verschlossen, das Thier wieder ins Wasser gesetzt. Noch nach einer halben Stunde sind keine weiteren Lähmungserscheinungen aufgetreten, als dass das Thier sich leicht auf die Seite legen lässt, ohne dagegen zu reagiren. Am Darm sind aber schon längst Vergiftungserscheinungen bemerkbar. Tödtet man das Thier durch Ausbohrung des Centralnervensystems und setzt man nach Eröffnung der Bauchhöhle die Elektroden an den Magen, so treten selbst bei starken tetanisirenden Reizungen nur locale Wirkungen auf die quergestreifte Musculatur auf;

die entfernteren Darmtheile bleiben ganz in Ruhe. Wohl aber ziehen sich die glatten Muskeln wie beim unvergifteten Thier auch ausserhalb der Reizungsstelle zusammen.

Diese Versuche berechtigen zu der Folgerung, dass der quergestreifte Darmmuskel, wenn er local erregt wird, an sich nicht im Stande ist, die Erregung von Faser zu Faser fortzuleiten, sei es, dass man die der Länge nach einander gereihten Elemente, sei es, dass man die Ringmuskeln in Betracht zieht. Die entfernt von der Reizungsstelle auftretende Wirkung ist nur dadurch verursacht, dass der Ramus intestinalis vagi mit gereizt wird, welcher der motorische Nerv des Darmes ist, und der, vom Magen aus am Darme entlang laufend, allmälig seine Fasern an die Darmwand abgibt. Die Zuckung des gesammten Darmcanals bei Reizung des Magens, die Zuckung des ganzen distalwärts von der Reizstelle liegenden Darmantheils bei Reizung irgend einer Darmstelle ist durch indirecte Reizung vom Nerven aus hervorgebracht.

Mit dieser Auffassung stimmt auch überein die meistens nur locale Wirksamkeit einzelner, selbst starker Inductionsschläge, denn wie wir gesehen haben, ist vom Darmvagus aus durch solche Einzelreize niemals eine Zusammenziehung des Darmes herbeizuführen.

VI. Zusammenfassung.

1. Die Muskelhaut des Schleiendarmes besitzt zweierlei Musculaturen, eine glatte und eine quergestreifte, deren jede eine Ringschicht und eine Längsschicht bildet. Durch Beobachtungen an ausgeschnittenen Ringen oder cylindrischen Längsstücken des Darmes lassen sich die specifischen Reactionen der beiden Muskelarten gegen Reize, der charakteristische Ablauf ihrer Zusammenziehungen u. s. w. neben einander darstellen.

2. Bei unverletztem Magendarmrohre bewirkt tetanisirende Reizung des Magens Zusammenziehungen der quergestreiften und der glatten Muskelfasern des ganzen Rohres. Wird die Reizungsstelle nach dem Rectum hin verschoben, so betheiligt sich im Wesentlichen nur der distalwärts davon gelegene Theil des Darmes an der Bewegung. Diese Erscheinungen rühren, wie schon Ed. Weber vermuthete, davon her, dass der ausgebreitete Reizerfolg nur durch

Miterregung der den Darmmuskel innervirenden Vagusäste zu Stande kommt, die am Magendarmcanal entlang laufen.

3. Curarevergiftung bewirkt, dass der Reizerfolg bei den quergestreiften Muskelfasern auf die Stelle der Reizung beschränkt bleibt. Auch einzelne Inductionsschläge wirken meistens nur local. Der quergestreifte Darmmuskel besitzt nicht die Fähigkeit, seine Erregung durch musculäre Leitung von Faser zu Faser weiter fortzupflanzen.

4. Constante Ströme bewirken ausser der Schliessungs- und der oft fehlenden Oeffnungszuckung der quergestreiften Fasern eine Schliessungsdauercontraction derselben, die sich auf die durchströmte Stelle beschränkt.

5. Tetanisirung des Kopfmarkes oder des Ram. intestinalis des N. vagus bringt die quergestreiften und glatten Muskelfasern des ganzen Darmes zur Zusammenziehung. Einzelne Inductionsschläge sind stets wirkungslos.

6. Nach Curarevergiftung versagt der Erfolg der Vagusreizung auf die quergestreiften Muskeln, während der Einfluss auf die glatten nicht beeinträchtigt erscheint.

7. Willkürliche Zusammenziehungen des aus quergestreiften Fasern bestehenden Antheils der Darmwand kamen nicht zur Beobachtung; reflectorische liessen sich an den verschiedensten Körperstellen auch dann nicht erzielen, wenn die Reflexerregbarkeit durch Vergiftung mit Strychnin in hohem Maasse gesteigert war.

Nachtrag.

Diese von mir in dem am 25. Juli 1898 ausgegebenen Hefte von Pflüger's Archiv veröffentlichte Arbeit wurde von mir in der Absicht angefertigt, sie später als Inaugural-Dissertation zu verwerthen. Gleichzeitig mit mir hat Wood im Kronecker'schen Institute Versuche mit der Schleiendarmmusculatur angestellt und darüber auf dem Physiologencongress zu Cambridge im August 1898 (cf. The Journal of Physiology Bd. 23, Supplement S. 13) berichtet. Einen weiteren Bericht darüber hat Kronecker der physiologischen Gesellschaft zu Berlin im October 1898 erstattet (cf. Archiv für Physiologie, herausgegeben von Engelmann, Jahrg. 1898 S. 536 bis 537). Ausführlichere Mittheilungen über die Untersuchungen von Wood sind mir nicht bekannt geworden.

Die Resultate dieser Versuche, die zum Theil erheblich von den meinigen abweichen, sind kurz folgende: Die glatte Musculatur des Magens macht oft spontane Contractionen von ungefähr 30 Sec. Dauer und in Zwischenräumen von 5—6 Minuten. Das Auftreten spontaner Contractionen wird durch schwächere Einzelreize begünstigt, durch stärkere wiederholte Reize verhindert.

Die Zuckungsdauer der quergestreiften Darmmusculatur (Magen) nimmt mindestens den Zeitraum von 1 Sec. in Anspruch. Vollständig unwirksam auf die Darmmusculatur sind einzelne Inductionsschläge von mässiger Stärke, während eine Reihe von Iductionsschlägen starke Contractionen auslöst. Die Summation der Wirkung soll bei ungefähr 0,2 Sec. Intervall beginnen und ihr Maximum bei ca. $^1/_{20}$ Sec. Intervall erreichen. Kürzere Reizungsperioden (5—10 Sec.) werden von der Contraction überdauert, während dieselbe bei längerer Reizdauer vorher endigt. Auf Reizung mit constanten Strömen reagirt der Darm mit Dauercontractionen, die bei Oeffnung des Stromes aufhören: „bei frischem Darm, oder bei sehr starken Reizen nach vorhergehender Oeffnungscontraction". „Kurze Schlüsse des constanten Stromes summiren ihre Wirkung bei längeren Intervallen als Inductionsströme." Der isolirte gestreckte Darm kann nach seiner Thätigkeit in fünf Abschnitte zerlegt werden.

1. Der Magen. Wird derselbe tetanisirt, so tritt nur er in Contraction.

2. Der Pylorustheil. Derselbe ist schwächer contractil als der Cardiatheil.

3. Sehr schwach erregbar ist der Anfangstheil des Dünndarmes.

4. Der darauf folgende Theil des Dünndarmes (zweite Schlinge) ist fast gar nicht erregbar.

5. Der Dickdarm ist schwach erregbar.

Auf starke Reizung eines Darmstückes bezw. seiner Nerven geräth der ganze Darm in Contraction.

Ferner glaubt Wood gefunden zu haben, dass in der äusseren quergestreiften Längsfaserschicht noch reichlich glatte Muskelfasern enthalten sind, die zu den quergestreiften Fasern in eigenthümlicher Lagebeziehung stehen sollen.

Auf eine Kritik der Wood'schen Arbeit muss ich vorläufig wegen der Kürze der Angaben verzichten. In Betreff der oft erheblich von einander abweichenden Resultate habe ich noch hinzuzufügen, dass die meinigen durch graphische Aufzeichnungen belegt

sind, während für die Wood'schen Resultate keine objectiven Belege vorliegen. Ich behalte mir vor, nach ausführlicher Veröffentlichung der Untersuchungen von Wood auf sie an anderer Stelle zurückzukommen.

Literatur.

1) K. B. Reichert, Medic. Zeitung des Vereins für Heilkunde in Preussen Nr. 10, 1841 und Müller's Archiv f. Anat., Physiol. u. s. w. 1842 (Selbstreferat).
2) H. Stannius, in Stannius und Siebold, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie Theil 2 S. 199. Berlin 1846.
3) Ed. Weber, Art.: Muskelbewegung in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Bd. 3 [2] S. 28 u. S. 48. 1846.
4) René du Bois-Reymond, Ueber gestreifte Darmmusculatur, insbesondere der Schleie. Inaug.-Dissertat. Berlin 1889.
5) A. Oppel, Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Wirbelthiere Theil 2. Schlund und Darm S. 249 und an anderen Stellen. Jena 1897.
6) Molin, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien. Math.-naturw. Classe Bd. 5 S. 416. 1850.
7) Morgen, Ueber Reizbarkeit und Starre der glatten Muskeln. Inaug.-Dissert. Halle a./S. 1858.
8) P. Schultz, Archiv f. Anat. u. Physiol. (Physiol. Abtheilung) S. 517, 1895; S. 543, 1896; S. 1, 322 u. 329, 1897.
9) W. Biedermann, Elektrophysiologie S. 212. Jena 1895.
10) H. Stannius, Das peripherische Nervensystem der Fische. Rectorats-Programm. S. 87 ff., S. 140. Rostock 1849.
11) C. E. E. Hoffmann, Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Nervus vagus bei Fischen S. 5—11. Giessen 1860.
12) O. Langendorff in den Sitzungsber. d. Naturforsch. Gesellsch. zu Rostock 1892 (17. Dec.).

Pierer'sche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co. in Altenburg.